

Таблица 2 – Свойства разрабатываемых титановых сплавов в сравнении с аналогичными материалами

Материал	Механические свойства		
	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
Разрабатываемые титановые сплавы			
TiH ₂ -0,5O-1,5Fe-0,1Ni-0,1Cr	880 - 920	7 - 10	18 - 23
Аналогичные титановые сплавы			
LOW-COST	1000	20	50
2M2A	686	6	20
Ti-6Al-4V (основа порошок Ti)	880	3	7
Ti-6Al-4V (основа TiH ₂)	970	12,5	29
Ti-5Al-2,5Fe (основа TiH ₂)	960	9	18
Ti-8Mn (основа TiH ₂)	990	7,4	26
Ti (технически чистый, гидрированный)	549 - 571	21,8 - 30,7	37,7 - 44,3

Выводы. Получены порошки гидрида титана губчатого с заданным составом и равномерным распределением легирующих элементов-примесей (O, Fe, Ni, Cr), а также экономнолегированные титановые сплавы на их основе.

Разрабатываемые экономнолегированные титановые сплавы имеют высокий уровень механических свойств, не уступающий существующим и разрабатываемым аналогичным титановым сплавам. Предел прочности σ_B до 920 МПа, $\delta = 7-10$ % и $\psi = 20-23$ %. Использование в качестве сырья для производства экономнолегированных титановых сплавов порошков гидрида титана губчатого, с заданным составом легирующих элементов-примесей, в комплексе с применением методов порошковой металлургии титановых сплавов, технологически реализуемо и экономически выгодно по причине исключения целого ряда технологических операций и низкой себестоимости используемых сырья и материалов.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРІВ З'ЄДНАННЯ ТІЛА СКЛОПЛАСТИКОВОЇ НАСОСНОЇ ШТАНГИ ЗІ СТАЛЕВОЮ ГОЛОВКОЮ

Конеї В.Б., Панчук А.Г.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Експлуатація штангових свердловинних насосних установок для видобутку нафти часто ускладнена відмовами колони насосних штанг, які працюють в складних умовах циклічного навантаження (осьового та згину), зношування та корозії. Заміна сталевих штанг склопластиковими дозволяє підвищити опір колони корозійній втомі, корозії, зменшити навантаження

на обладнання, уникнути смолисто-парафінистих утворень на поверхні штанг та підвищити продуктивність видобутку нафти. Проте існують певні труднощі у впровадженні склопластикових штанг, пов'язані з проблемами проектування надійного з'єднання склопластикового тіла із сталеву головою, яка призначена для з'єднання штанг між собою за допомогою різьби. Найбільшого поширення отримали два типи з'єднання: адгезійно-клинове і пресове [1, 2, 3]. На даний час не існує ефективних методик проектування таких з'єднань.

Пресове з'єднання виконується шляхом пластичного обтискання зовнішньої циліндричної поверхні сталеву головки. Воно простіше адгезійно-клинового технологічно, але для досягнення максимальної міцності з'єднання потребує оптимізації зусилля обтискання, механічних характеристик сталі, геометричних параметрів з врахуванням радіальної і осьової міцності склопластикового тіла. При проектуванні бажано міцність з'єднання максимально наблизити до міцності склопластикового тіла (границя міцності $\sigma_g = 500...600$ МПа).

Для оптимізації пресового з'єднання авторами розроблено його параметричну осесиметричну скінченно-елементну модель в системі Abaqus® CAE 6.10, яка дозволяє моделювати пластичність сталі головки, ортотропію механічних характеристик склопластику та контакт між тілом і головкою. Для автоматизації перебудови моделі із заданими параметрами та отримання результатів розрахунку використовувалась програма-сценарій мовою Python. Геометричні параметри з'єднання: діаметр склопластикового тіла – 22 мм, зовнішній діаметр головки – 34 мм, довжина обтискання $l = 100$ мм. Матеріал головки штанги - сталь з такими механічними характеристиками: модуль пружності $2,1 \cdot 10^{11}$ Па, коефіцієнт Пуассона 0,28. Характеристики пластичності (ГОСТ 13877-96) вводяться в Abaqus® у вигляді пластичної ділянки істинної діаграми деформування (ділянка $\sigma_m - \sigma_g$), яка задавалась у вигляді степеневу залежності. Характеристики матеріалу склопластикового тіла: модуль пружності в осьовому напрямку $E_y = 0,5 \cdot 10^{11}$ Па, в радіальному напрямку $E_x = 0,1 \cdot 10^{11}$ Па, коефіцієнт Пуассона $\nu_{xy} = 0,22$. Коефіцієнт тертя між поверхнями контакту $f = 0,1$.

Моделювання проводилось в два кроки навантаження. На першому задавався тиск обтискання головки $p = 300...600$ МПа. На другому кроці тиск p задавався рівним нулю, а на торці склопластикового тіла задавалась гранична умова осьового переміщення Δ . Другий крок розбивався на підкроки (фрейми), на кожному з яких переміщення Δ поступово збільшувалось. Фрейм з максимальним значенням напруження на торці відповідає моменту руйнування з'єднання.

Алгоритм програми-сценарію мовою Python включає кілька вкладених циклів. Для прикладу, в зовнішньому циклі змінюється значення тиску обтискання p , у внутрішньому - границя текучості сталі σ_m , довжина обтискання

l або інший параметр з'єднання. В тілі внутрішнього циклу перебудовується модель, виконується розрахунок, визначається контактний тиск, осьове напруження руйнування з'єднання і дані записуються у файл. Таким чином, автоматизовано отримуються залежності руйнуючого напруження від тиску обтискання і інших параметрів з'єднання.

Аналіз таких залежностей дозволяє вибрати оптимальні параметри з'єднання - тиск обтискання, границю текучості сталі, довжину обтискання. Зокрема бачимо, що при границі міцності тіла $\sigma_g = 500$ МПа тиски обтискання слід вибирати не меншими 445, 460, 475 МПа для $\sigma_t = 300, 400, 500$ МПа відповідно. Для з'єднання з $\sigma_m = 400$ МПа тиски обтискання слід вибирати не меншими 350, 365, 387, 420, 460 МПа для довжини обтискання $l = 180, 160, 140, 120, 100$ мм відповідно. Верхня межа тиску обтискання обмежується міцністю склопластикового тіла при стисканні в радіальному напрямку.

Розроблена скінченно-елементна модель може бути використана для ґрунтового різностороннього аналізу з'єднань такого типу. Зокрема можна оптимізувати інші параметри з'єднання, такі як зовнішній діаметр головки, нерівномірність тиску обтискання та попередній натяг.

Література

1. Копей, В.Б. Підвищення ресурсу штангової колони при видобутку парафіністич нафти: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.12: захищена 16.11.04: затв. 09.03.05 / Копей Володимир Богданович. – Івано-Франківськ, 2004. – 175 с.
2. Насосні штанги і труби з полімерних композитів: проектування, розрахунок, випробування / Б.В. Копей, О.В. Максимук, Н.М. Щербина, В.В. Розгонюк, В.Б. Копей - Львів: ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України, 2003. – 352 с.
3. Копей, В.Б. Використання методу скінченних елементів та тривимірного комп'ютерного моделювання для конструювання та оптимізації параметрів нафтогазового обладнання: Навчальний посібник / В.В. Копей, В.Б. Копей - Івано-Франківськ: Факел, 2008 – 117 с.

ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖАРОПРОЧНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ 3-1 ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ПЛАВКОЙ

Крыжановский В.А., Тутык В.А.

Национальная металлургическая академия Украины

Создание и внедрение новых и альтернативных способов, плавки металлов, является одной из ключевых проблем научно-технического прогресса. В настоящее время среди разнообразных методов получения металлов и сплавов на основе титана, таких как: электрошлаковый переплав (ЭШП),

вакуумно-дуговой переплав (ВДП) и других, электронно-лучевая плавка (ЭЛП) является наиболее перспективной [1,2].

Целью работы является сравнительный анализ физических и механических свойств жаропрочного титанового сплава ВТ 3-1 полученного методом ЭЛП и ВДП. Для исследований из слитков жаропрочного титанового сплава ВТ 3-1 были изготовлены образцы в виде поковок и прутков. Исследования показали, что структура и механические свойства поковок ВТ 3-1 зависят от параметров деформации и могут изменяться в широких пределах. При осуществлении технологических процессов деформации титановых сплавов, необходимо учитывать особенности их физико-химических и теплофизических свойств. Это обусловлено следующими факторами:

- пониженной теплопроводностью титановых сплавов, которая приводит к температурным перепадам по сечению заготовок при нагреве;
- возникновением значительных внутренних напряжений;
- образованием трещин.

Технологический процесс производства кованных прутков осуществлялся путем расковки слитка на паровоздушном молоте. Задачей расковки слитка являлось устранение литой крупнозернистой структуры и получения заданных эксплуатационных свойств.

Режимы ковочных операций были подобраны исходя из технологических характеристик деформируемого сплава ВТ 3-1, с учетом температуры фазового превращения, необходимых механических свойств по ОСТ 1.90107-73 и требований инструкции ВИАМ 1054-76.

Макро- и микроструктура кованных прутков определялась на темплете вырезанном в поперечном направлении прутка. Макроструктура соответствует 5-6 баллу по 10-ти бальной шкале, микроструктура соответствует 4-6 типу 9-типной шкалы. Механические свойства поковок полностью соответствовали ОСТ 1.90107-73.

Исследования показали, что температура деформации и степень деформации являются одними из основных параметров, определяющих структуру и механические свойства поковок и прутков. Вследствие теплового эффекта при больших степенях деформации, наблюдается: значительный перегрев металла в зонах интенсивной деформации, ухудшение его механических свойств и структуры. Для предупреждения образования неблагоприятной структуры рекомендуется осуществлять тщательный выбор следующих параметров: схемыковки, начальной и конечной температурыковки, а также скорости и степени деформации материала.

Установлено, что качество поковок и прутков из титановых сплавов зависит от качества исходной заготовки, а именно: качества поверхности заготовки, исходной структуры металла, степени загрязненности газовыми составляющими металла.

Изучение качества кованных титановых прутков показало преимущества использования заготовок полученных ЭЛП по сравнению с другими методами (ВДП, ЭШП). Качество кованных прутков оценивали по отсутствию разрывов на поверхности, пластичности в процессековки, полученной структуре металла необходимой для обеспечения заданных эксплуатационных свойств.

Таким образом, в результате проведенных исследований показаны преимущества использования слитков полученных методом ЭЛП при изготовлении поковок из титановых сплавов по сравнению со слитками полученных другими методами (ЭШП, ВДП). При этом кованные прутки полученные из слитков выплавленных по технологии ЭЛП отвечают требованиям предъявляемым промышленностью к качеству жаропрочных титановых сплавов.

Литература

- Патон Б.Е., Тригуб Н.П., Ахонин С.В. Электронно-лучевая плавка тугоплавких и высокорекреационных металлов. – Киев: Наук. Думка, 2008. – 311 с.
 Тригуб Н.П., Березос В.А., Крыжановский В.А., Северин А.Ю. Производство крупногабаритных слитков жаропрочных сплавов на основе титана методом электронно-лучевой плавки // Современная электрометаллургия. – 2010г. – №3. – С. 11 – 14
 Развитие электронно-лучевой плавки титана в ИЭС им. Е.О. Патона / Б.Е. Патон, Н.П. Тригуб, Г.В. Жук, В.А. Березос // Современная электрометаллургия. – 2008. - №3. С. 22-24.

ТЕКСТУРИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛКОВ

*Гришин В.С., Ткаченко Э.А., Ткаченко К.Э.
 Национальная металлургическая академия Украины*

Для производства отечественной высококачественной прокатной продукции необходима модернизация прокатного производства. В настоящее время стоит задача обеспечения Украины холоднокатаным листом высокого качества с различного вида защитными покрытиями. Сфера применения такого листа на внутреннем рынке очень широка: транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, строительство – как промышленное, так и гражданское. Холоднокатаный лист используют для кровли, гаражей, ограждений, хранилищ, различных емкостей, в электротехнической, пищевой промышленности и других отраслях [1].

Важным показателем качества холоднокатаного листа с защитными покрытиями, а также, применяемого для глубокой вытяжки - является

микрogeометрия поверхности, которая оказывает влияние на штампуемость, смачиваемость, а также на прочность сцепления его с различными покрытиями. Лучшими свойствами обладают листы, у которых микрорельеф поверхности представляют собой произвольно расположенные микровпадины и микровыступы, равновероятно распределенные по поверхности.

В связи с тем, что состояние микрорельефа поверхности холоднокатаного листа зависит от микрорельефа валков целесообразно рассмотреть требования, предъявляемые к микрogeометрии поверхности.

Поверхность должна иметь шероховатость, микрорельеф которой состоит из равноплотных, произвольно расположенных микровыступов и микровпадин с заданными размерами.

Геометрическая форма микровыступов должна обеспечить их высокую динамическую жесткость при прокатке с высоким удельным давлением.

Сплошность металла выступов и их оснований не должна иметь нарушений во избежание потери контактной прочности.

Микровпадины должны обладать высокой адсорбционной способностью, имея хорошо развитую удельную поверхность.

Весь рельеф поверхности должен покоиться на упругой подложке, не имеющей микротрещин, концентраторов напряжений, неметаллических включений и других дефектов металла.

Эти требования относятся как к основаниям выступов, так и к тонкому поверхностному слою.

Текстурирование рабочих поверхностей валков электроэрозионным способом (ЭС) является одной из наиболее прогрессивных технологий получения матового микрорельефа заданной поверхности. Электроэрозионные установки показывают более высокую эффективность по сравнению с другими способами текстурирования, в том числе и зарубежными аналогами.

Технологическая особенность текстурирования валков ЭС заключается в одновременном выполнении двух операций:

- получение матового микрорельефа шероховатостью $R_a = 1,25 \div 12,5$ мкм;
- устранение макрогеометрических погрешностей.

Разработанные установки работают в полуавтоматическом режиме и не имеют сложных и точных кинематических узлов. Это определяет дополнительно к качеству обработанной поверхности ещё ряд существенных преимуществ данной технологии:

- обработка валков любой твердости;
- снижение расхода энергии (в 5 раз по отношению к пескоструйной обработке);
- высокая точность геометрических параметров рабочих поверхностей валков;
- используемые расходные материалы доступные и недорогие;